

**DE19846463**

**Patent number:** DE19846463      **Also published as:**  
**Publication date:** 2000-05-11       WO0021700 (A1)  
**Inventor:** KREINBERGER JOACHIM (DE)  
**Applicant:** MASCH UND WERKZEUGBAU DOROTHE (DE)  
**Classification:**  
- **international:** B21J15/12; B21J15/28; B21J15/00; (IPC1-7):  
B21J15/28  
- **european:** B21J15/28B; B21J15/12; B21J15/28  
**Application number:** DE19981046463 19981008  
**Priority number(s):** DE19981046463 19981008

**Report a data error here**

**Abstract of DE19846463**

The invention relates to a method for controlling a device for deforming a workpiece (19) using a tool (5) which can be subjected to the action of a pressure p. The inventive method comprises the following steps: recording of the progression  $p(t)$  of the pressure p or the progression  $F(t)$  of the force F and/or of the progression  $s(t)$  of a path s covered by the tool over the period t during a deforming process; evaluating the recorded progression  $p(t)$ ,  $F(t)$  and/or  $s(t)$ ; and determining at least one characteristic time, path and/or pressure ( $t_4$ ,  $s_4$ ,  $p_4$ ); terminating the deformation process when the characteristic time, path and/or pressure ( $t_4$ ,  $s_4$ ,  $p_4$ ) is reached. The invention also relates to a corresponding device.

---

Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide



(19) BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

(12) Offenlegungsschrift  
(10) DE 198 46 463 A 1

(51) Int. Cl. 7:  
B 21 J 15/28

(21) Aktenzeichen: 198 46 463.0  
(22) Anmeldetag: 8. 10. 1998  
(23) Offenlegungstag: 11. 5. 2000

DE 198 46 463 A 1

(71) Anmelder:

Maschinen- und Werkzeugbau Dorothea Friedrich  
GmbH & Co KG, 73630 Remshalden, DE

(72) Erfinder:

Kreinberger, Joachim, Dipl.-Ing., 71334 Waiblingen,  
DE

(74) Vertreter:

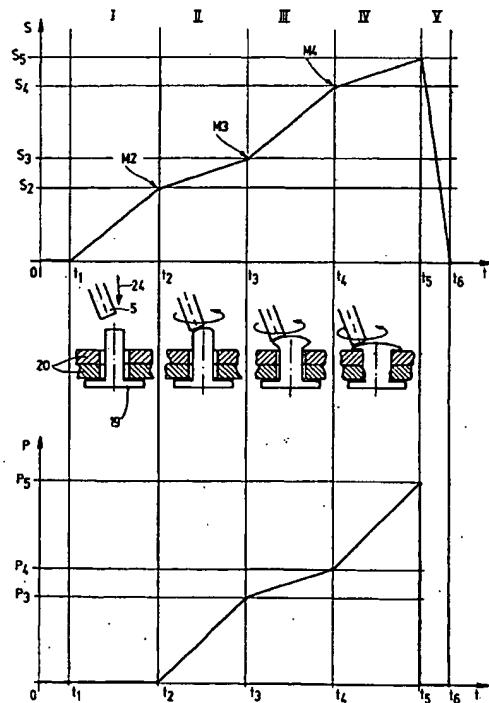
Bartels & Partner, Patentanwälte, 70174 Stuttgart

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

(54) Verfahren zum Steuern einer Vorrichtung, insbesondere Nietvorrichtung, und eine solche Vorrichtung

- (55) Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Steuern einer Vorrichtung zum Verformen eines Werkstücks (19) durch ein mit einem Druck p beaufschlagbares Werkzeug (5), aufweisend die Schritte Aufnehmen des Verlaufs p(t) des Drucks p oder des Verlaufs F(t) der Kraft F und/oder des Verlaufs s(t) eines vom Werkzeug zurückgelegten Wegs s über die Zeit t während eines Verformprozesses, Auswerten des aufgenommenen Verlaufs p(t), F(t) und/oder s(t) und Ermitteln mindestens eines charakteristischen Zeit-, Weg- und/oder Druckpunktes (t<sub>4</sub>, s<sub>4</sub>, p<sub>4</sub>), Beenden des Verformprozesses bei Erreichen des charakteristischen Zeit-, Weg- und/oder Druckpunktes (t<sub>4</sub>, s<sub>4</sub>, p<sub>4</sub>). Weiterhin betrifft die Erfindung die zugehörige Vorrichtung.



DE 198 46 463 A 1

## Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Steuern einer Vorrichtung zum Verformen eines Werkstücks durch ein mit einem Druck beaufschlagbaren Werkzeug, insbesondere eine Nietvorrichtung zum Verformen eines Niets durch einen Döpper, sowie eine solche Vorrichtung.

Bei den beispielsweise aus der DE 37 15 905 A1 bekannten Nietvorrichtungen wird ein zu verformender Niet durch einen Nietstempel oder Döpper entsprechend einer vorgebaren Nietdauer und/oder einem vorgebbaren maximalen Nietdruck verformt. Zur Sicherung der Qualität der Nietverbindung wird durch eine Weggeberanordnung am Döpper der beim Anfahren des Döppers an den Niet zurückgelegte Weg des Döppers bestimmt. Alternativ oder ergänzend kann auch ein die durch den Niet miteinander zu verbindenden Gegenstände fixierender Niederhalter mit einer Weggeberanordnung ausgestattet sein, so daß auch der Überstand des Niets über die zu verbindenden Gegenstände vor dem Nietvorgang ermittelt werden kann.

Die bekannten Verform- bzw. Nietverfahren haben den Nachteil, daß für ein zuverlässiges Verform- bzw. Nietergebnis der anzusteurende Endpunkt des Verformvorganges mit einem ausreichenden Sicherheitszuschlag versehen werden muß. Insbesondere ist es bei den bekannten Verfahren und Vorrichtungen nicht oder nur mit großem Aufwand möglich, sozusagen auf den "Punkt" genau zu verformen. Beispielsweise erfordert die Herstellung von spielfreien Nietverbindungen einen erheblichen Zeit- und Kostenaufwand.

Der Erfindung liegt daher das Problem zugrunde, ein Verfahren zum Steuern einer Vorrichtung zum Verformen eines Werkstücks und eine zugehörige Vorrichtung, insbesondere eine Nietvorrichtung bereitzustellen, die eine zuverlässige und genaue Prozeßführung gewährleisten. Beispielsweise soll ein Nietvorgang genau in dem Zeitpunkt beendbar sein, in dem der Niet die Lochlaibung ausfüllt.

Das Problem wird durch die in den unabhängigen Patentansprüchen offenbarten Verfahren und Vorrichtungen gelöst. Besondere Ausführungsarten der Erfindung sind in den Unteransprüchen offenbart.

Erfindungsgemäß weist das Verfahren zum Steuern einer Vorrichtung zum Verformen eines Werkstücks durch ein mit einem Druck p bzw. einer Kraft F beaufschlagbaren Werkzeug die Schritte Aufnehmen des Verlaufs des Drucks p und/oder eines vom Werkzeug zurückgelegten Wegs s über der Zeit t während eines Verformungsprozesses, Auswerten des aufgenommenen Verlaufs und Ermitteln mindestens eines charakteristischen Zeit-, Weg- und/oder Druckpunktes, und Beenden des Verformungsprozesses bei Erreichen des charakteristischen Zeit-, Weg- und/oder Druckpunkts auf. Der Druck p und die Kraft F sind dabei äquivalent, insbesondere kann der Druck p über die wirksame Fläche A gemäß  $F=p \times A$  in die Kraft F umgerechnet werden. Die Verformkraft F bzw. der Verformdruck p kann beispielsweise von einem hydraulischen oder pneumatischen Arbeitszylinder oder von einem mechanischen Spindelantrieb aufgebracht werden.

Das Aufnehmen oder Aufzeichnen des Verlaufs des Drucks p bzw. der Kraft F und/oder des Wegs s über der Zeit t geschieht mittels eines Druck- bzw. Kraftaufnehmers und/oder mindestens eines Weggebers, welche ihre Signale an eine Steuereinheit weiterleiten. Die Steuereinheit kann integraler Bestandteil der Vorrichtung, beispielsweise einer Nietvorrichtung, sein. Weist die zu steuernde Vorrichtung eine hydraulische bzw. pneumatische Antriebseinheit auf, wird der Druck in dem hydraulischen bzw. pneumatischen System aufgenommen. Alternativ oder ergänzend kann auch

die Kraft aufgenommen werden, die das Werkzeug, beispielsweise der Döpper, auf das zu verformende Werkstück, beispielsweise den Niet, ausübt. Die Signale des Druckgebers und/oder Weggebers können beispielsweise auch einem

- 5 digitalen Speicheroszilloskop zugeführt werden, welches die aufgenommenen Verläufe zur Anzeige bringt, und über eine Standard-Druckerschnittsstelle ausgedruckt werden. Alternativ oder ergänzend können die Verläufe auch mittels eines x/t-Koordinatenschreibers aufgezeichnet werden.
- 10 Ebenso kommt ein elektronisches Abspeichern in Betracht, entweder in analoger oder digitaler Form.

Durch das erfundungsgemäße Verfahren kann vorteilhaft auf den "Punkt" genau verformt werden, beispielsweise kann bei einer Nietverformung genau der Punkt angesteuert 15 werden, an dem der Niet die Lochlaibung ausfüllt und sich somit eine spielfreie Anlage ergibt.

Das Auswerten des aufgenommenen Verlaufs und das Ermitteln des charakteristischen Punktes kann gemäß der Ausführungsart nach Anspruch 4 grafisch durch Annähern jeweils einer Gerade an die einzelnen Bereiche des aufgenommenen Verlaufes erfolgen. Das Anlegen der Gerade kann dabei manuell mittels eines Lineals auf einem Ausdruck des s(t)-Diagramms erfolgen oder computerunterstützt an einem Grafikbildschirm. Der charakteristische Punkt ergibt 25 sich dabei jeweils aus dem Schnittpunkt der angelegten Geraden.

Gemäß der Ausführungsart nach Anspruch 5 kann das Aufnehmen und Auswerten des zeitlichen Verlaufes auch elektronisch erfolgen, insbesondere können die von dem 30 Druckaufnehmer und/oder Weggeber gelieferten Signale kontinuierlich, vorzugsweise digitalisiert, abgespeichert werden.

Die Auswertung kann beispielsweise computerunterstützt durch abschnittsweise lineare Regression der von den aufgenommenen Signalen repräsentierten Kurve erfolgen. Hierfür 35 sind alle aus dem Stand der Technik und der Mathematik bekannten Verfahren einsetzbar.

Gemäß der Ausführungsart nach Anspruch 2 erfolgt das Auswerten durch das Bilden der Ableitung des Drucks p 40 und/oder des Wegs s nach der Zeit t, wobei die charakteristischen Punkte jeweils dort ermittelt werden, wo sich die Ableitung im wesentlichen unstetig ändert, das heißt dort, wo es zu einer im wesentlichen abrupten Änderung des Kurvenverlaufes kommt, beispielsweise der Vorschubgeschwindigkeit des Döppers oder zu einer abrupten Änderung der Druckanstiegsrate. Häufig sind der unstetigen Änderung der Ableitung noch andere Effekte überlagert, so daß erst die Bestimmung des Schnittpunktes von zwei, an benachbarte Kurvenbereiche angenäherten Geraden den charakteristischen Punkt bestimmt.

Gemäß der Ausführungsart nach Anspruch 3 wird aus den aufgenommenen Signalen für den Druck p und den Weg s ein p(s)-Verlauf gebildet und dessen Ableitung nach dem Weg s im Hinblick auf die charakteristischen Punkte ausgewertet.

Gemäß der Ausführungsart nach Anspruch 6 kann das Aufnehmen und Auswerten anhand mindestens eines Musters einer Charge von Werkstücken, beispielsweise einer Charge von Nieten mit mindestens einem Verbindungssegment erfolgen, wobei der an dem Muster ermittelte charakteristische Punkt anschließend für die restlichen Werkstücke dieser Charge als Endpunkt, beispielsweise des Nietvorganges, verwendet wird. Alternativ hierzu kommt in Betracht, simultan während eines Nietvorgangs die aufgenommenen 60 Weg- und Druckwerte hinsichtlich der Ermittlung des charakteristischen Punktes zu analysieren und somit für jeden einzelnen Niet den Endpunkt des Nietvorganges individuell zu bestimmen.

Gemäß der Ausführungsart nach Anspruch 7 wird insbesondere der charakteristische Punkt ermittelt, an dem der sich verformende Niet die Lochlaibung gerade ausfüllt. Dadurch lassen sich zuverlässig und kostengünstig spielfreie Lagerungen, beispielsweise für Gelenke, durch eine Nietverbindung herstellen.

Die vorliegende Erfindung umfasst auch eine Vorrichtung gemäß Anspruch 8. Diese weist erfundungsgemäß insbesondere Mittel zum Aufnehmen des Verlaufs des Drucks  $p$ , der Kraft  $F$  und/oder des vom Werkzeug zurückgelegten Wegs  $s$  über der Zeit  $t$  während des Verformprozesses auf. Dabei kann es sich gemäß Anspruch 9 insbesondere um eine Weggeber- und/oder Druckaufnehmeranordnung handeln, die ihre Signale an eine Aufzeichnungseinrichtung weiterleiten, die beispielsweise elektronische Speichermittel oder einem  $s(t)$ - oder  $p(t)$ -Koordinatenschreiber umfasst. Die Mittel zum Beenden des Verformprozesses können eine Steuereinheit zum Steuern der Vorrichtung umfassen, die beispielsweise beim Erreichen eines vorgebbaren Zeit-, Druck- und/oder Wegpunktes den Verformprozess beendet.

Die Mittel zum Auswerten des aufgenommenen Verlaufs und Ermitteln des charakteristischen Punktes umfassen gemäß Anspruch 10 insbesondere elektronische Rechenmittel, können jedoch auch gemäß Anspruch 11 einen Drucker oder einen Koordinatenschreiber umfassen, der den Verlauf grafisch wiedergibt. An die graphische Wiedergabe, beispielsweise den Papierausdruck, können manuell abschnittsweise Geraden angenähert und deren Schnittpunkte bestimmt werden können. Aus diesen Schnittpunkten können dann die charakteristischen Weg-, Zeit- und/oder Druckpunkte abgeleitet werden. Gemäß der Ausführungsart nach Anspruch 11 umfassen die Mittel zum Auswerten einen Drucker zum Ausdrucken des aufgenommenen Verlaufs  $s(t)$  und/oder  $p(t)$  bzw.  $s(t)$ , und gemäß der Ausführungsart nach Anspruch 12 eine Speichereinheit und eine grafische Auswerteeinheit zum Sichtbarmachen der ermittelten Abhängigkeiten  $p(t$  bzw.  $s$ ),  $F(t$  bzw.  $s$ ) und  $s(t)$  sowie der charakteristischen Punkte.

Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen sowie der nachfolgenden Beschreibung, in der unter Bezugnahme auf die Zeichnung ein Ausführungsbeispiel im einzelnen beschrieben ist. Dabei können die in den Ansprüchen und in der Beschreibung erwähnten Merkmale jeweils einzeln für sich oder in beliebiger Kombination erfundungswesentlich sein. Wenngleich die vorliegende Erfindung im wesentlichen am Ausführungsbeispiel eines Nietverfahrens bzw. einer Nietvorrichtung beschrieben ist, lässt sich die Erfindung gemäß Anspruch 1 allgemein auf Verformungsverfahren anwenden.

Fig. 1 zeigt eine unvollständig, teilweise aufgebrochen dargestellte Seitenansicht einer erfundungsgemäßen Vorrichtung.

Fig. 2 zeigt ein  $s(t)$ - und  $p(t)$ -Diagramm eines Nietvergangs,

Fig. 3 zeigt eine erfundungsgemäß hergestellte Nietverbindung, bei der der Niet die Lochlaibung gerade vollständig ausfüllt.

Die Fig. 1 zeigt eine unvollständig, teilweise aufgebrochen dargestellte Seitenansicht einer erfundungsgemäßen Nietvorrichtung, und ein unvollständig dargestelltes Blockschaltbild der zugehörigen Signalauswerteeinrichtung und Maschinensteuerung.

Eine Nietvorrichtung, die von einer an einer nicht dargestellten Tragkonstruktion befestigbaren Grundplatte 1 getragen wird, weist am einen, im Ausführungsbeispiel untenen Ende einer Arbeitsspindel 2, die in einem Gehäuse drehbar und längs verschiebbar gelagert ist, einen Nietkopf 4 auf. In

diesem Nietkopf 4 ist auswechselbar ein Döpper 5 eingesetzt, der, wenn sich die Arbeitsspindel 2 dreht, eine Hypozykloide beschreibt. Der Drehantrieb der Arbeitsspindel 2 erfolgt mittels eines an dem Gehäuse 3 angeflanschten Elektromotors 6.

Für den Vorschub der Arbeitsspindel 2 ist im Gehäuse 3 ein pneumatischer oder hydraulischer Arbeitszylinder 7 angeordnet. Das freie Ende seiner Kolbenstange 8 ist schwenkbar mit dem Ende einer Gabel 9 verbunden, deren beide Zinken die Arbeitsspindel 2 zwischen sich aufnehmen und an ihrem freien Ende schwenkbar auf einer gehäusefesten Schwenkachse 10 gelagert sind. Diese Schwenkachse 10 und die parallel zu ihr liegende Verbindungsachse zwischen der Gabel 9 und der Kolbenstange 8 erstrecken sich im rechten Winkel zur Arbeitsspindel 2, je eine fliegend an jedem Zinken der Gabel 9 gelagerte Rolle 11 greift in eine Quernut einer längs verschiebbar im Gehäuse 3 angeordneten Hülse 12 ein, in welcher die Arbeitsspindel drehbar aber axial unverschiebbar gelagert ist. Mit dem unteren Ende dieser Hülse 12 ist der Nietkopf 4 lösbar verbunden. Dieser führt nur eine Translationsbewegung aus, jedoch keine Rotationsbewegung. Die Krafterzeugung kann auch mechanisch angetrieben, beispielsweise über eine Spindel, erfolgen.

Sowohl der Elektromotor 6 als auch die Steuerventile 13, welche an den mit dem Arbeitszylinder 7 verbundenen Leitungen 14 liegen, sind an eine Maschinensteuerung 15 angeschlossen, über welche der Elektromotor 6 ein- und ausgeschaltet und der Druck, mit dem der in beiden Richtungen wirksame Arbeitszylinder 7 beaufschlagbar ist, vorgegeben wird.

Im Gehäuse 3 ist neben der Arbeitsspindel 2 ein Weggeber 16 angeordnet, dessen parallel zur Arbeitsspindel 2 liegender und entsprechend dem Hub der Arbeitsspindel 2 längs verschiebbarer Sensorstift 16' axial unverschiebbar mit der Hülse 12, im Ausführungsbeispiel mittels einer Klemmvorrichtung 17, verbunden ist. Der Weggeber 16 erzeugt ein elektrisches Signal, das die Verschiebung der Hülse 12 und damit auch der Arbeitsspindel 2 des Döppers 5 aus einer Nullstellung heraus kennzeichnet. Im Ausführungsbeispiel handelt es sich um ein analoges Signal. Der Weggeber 16 könnte aber auch ein Inkrementalgeber sein. Sein Signal würde dann in digitaler Form vorliegen.

Die durch den zu verformenden Niet 19 miteinander zu verbindenden Gegenstände 20 werden durch einen Niederhalter 21 fixiert. Der Niederhalter 21 ist dabei in einer nicht näher dargestellten Weise in der Längsrichtung des Niets 19 bzw. in der Vorschubrichtung des Döppers 5 federnd und beweglich an dem Nietkopf 4 bzw. der Hülse 12 festgelegt. Die Position des Niederhalters 21 wird durch eine Weggeberanordnung 22 ermittelt, die ihr Signal an die Informationsauswerteeinrichtung 18 liefert. Auch der Weggeber 16 führt sein Signal der Informationsauswerteeinrichtung 18 zu. Weiterhin wird der Arbeitsdruck des Arbeitszylinders 7 durch den Druckaufnehmer 23 ermittelt, dessen Signal ebenfalls an die Informationsauswerteeinrichtung 18 weitergeleitet wird. Durch die Verwendung des zweiten Weggebers 22 am Niederhalter 21 kann nicht nur die Nietlänge bzw. das Vorhandensein eines Niets geprüft werden, sondern es kann auch durch einen Vergleich der Signale der Weggeberanordnungen 16 und 22 der Überstand des Niets 19 über den zu verbindenden Gegenständen 20 ermittelt werden.

Die Informationsauswerteeinrichtung 18 nimmt die von den Weggebern 16, 22 und dem Druckaufnehmer 23 aufgenommenen Werte auf, speichert sie in digitaler Form ab, wertet die aufgenommenen Verläufe  $s(t)$ ,  $p(t)$  rechnergestützt aus bzw. ermittelt durch abschnittsweise lineare Regression der Verläufe  $s(t)$  und  $p(t)$  den charakteristischen

Punkt zum Beenden des Nietvorganges, und gibt ein entsprechendes Signal an die Maschinensteuerung ab. Alternativ oder ergänzend dazu kann der Verlauf  $s(t)$  und/oder  $p(t)$  ausgedruckt werden und der Benutzer ermittelt durch grafische Annäherung von Geraden an die einzelnen Bereiche des ausgedruckten Verlaufes Schnittpunkte und daraus die charakteristischen Zeit-, Weg- und/oder Druckpunkte und gibt diese als Endpunkte in die Maschinensteuerung 15 ein.

Die Fig. 2 zeigt ein typisches  $s(t)$ - und ein typisches  $p(t)$ -Diagramm für einen Nietvorgang. Beide Verläufe  $s(t)$  und  $p(t)$  lassen sich in die Zeitbereiche I ( $t_1 \leq t \leq t_2$ ), II ( $t_2 \leq t \leq t_3$ ), III ( $t_3 \leq t \leq t_4$ ), VI ( $t_4 \leq t \leq t_5$ ) und V ( $t_5 \leq t \leq t_6$ ) unterteilen.

Zum Zeitpunkt  $t=t_1$  wird der Nietvorgang gestartet, wobei im Zeitbereich ( $t_1 \leq t \leq t_2$ ) der Döppers an den zu verformenden Niet 19 in Richtung des Pfeils 24 angefahren wird. In diesem Zeitbereich I ist der Druck  $p$  vernachlässigbar klein und beträgt annähernd 0 bar. Am Übergang der Zeitbereiche I und II, zum Zeitpunkt  $t=t_2$ , kann durch Annähern von Geraden an die Verläufe  $s(t)$  bzw.  $p(t)$  in den Bereichen I und II und Bestimmen deren Schnittpunkt der charakteristische Punkt M2 ermittelt werden, der mit  $t_2$  bzw.  $s_2$  korrespondiert. Alternativ oder parallel kann der Punkt M2 auch durch Bilden der Ableitung, ggf. rechnerunterstützt, von  $s(t)$  nach  $t$  bzw. von  $p(t)$  nach  $t$  und Bestimmen des Punktes, an dem sich diese Ableitung abrupt ändert, bestimmt werden.

Der charakteristische Punkt M2 ist der Punkt, an dem der Döpper 5 auf dem Niet 19 aufsetzt.

Zum Zeitpunkt  $t=t_2$  startet die Maschinensteuerung 15 den Elektromotor 6 und damit die Taumelbewegung des Döppers 5. Durch den weiteren Vorschub des Döppers 5 gegenüber dem Niet 19 und durch die Taumelbewegung kommt es zu einem sogenannten "Ausrunden" des Niets, der sich im Bereich II ( $t_2 \leq t \leq t_3$ ) auch in einen relativ starken Druckanstieg von 0 auf  $p=p_3$  niederschlägt.

Die Vorschubgeschwindigkeit  $ds(t)/dt$  des Döppers 5 ist im Bereich II annähernd konstant und geringer als im Bereich I.

Zum Zeitpunkt  $t=t_3$  setzt dann im Bereich III die eigentliche Verformung des Niets 19 und damit der eigentliche Nietvorgang ein, der sich durch eine geringere Geschwindigkeit des Druckanstiegs  $dp(t)/dt$  im Bereich III gegenüber dem Bereich II, aber durch eine höhere Vorschubgeschwindigkeit des Döppers 5 auszeichnet. Der charakteristische Punkt M3 am Übergang von II nach III kann ebenso wie vorstehend für M2 beschrieben bestimmt werden.

Zum Zeitpunkt  $t=t_4$  ist der Nietvorgang genau soweit fortgeschritten, daß der Niet 19 die Lochlaibung zumindest in einem dem Döpper 5 zugewandten Bereich vollständig ausfüllt. Der zugehörige charakteristische Punkt M4 kann wie vorstehend beschrieben ermittelt werden und die korrespondierenden Werte  $t_4$ ,  $s_4$  und  $p_4$  können als Endpunkte für den Nietvorgang in die Maschinensteuerung 15 eingegeben werden, ggf. mit einem prozentualen oder absoluten Zu- oder Abschlag.

Bei einer Fortführung des Nietvorganges im Bereich IV im kommt es zu einer Kopfausbildung bzw. -abflachung des Niets 19, die mit einem schnellen Druckanstieg, aber nur mit einer geringen Geschwindigkeit des Döppers 5 verbunden ist. Im dargestellten Ausführungsbeispiel wird zum Zeitpunkt  $t=t_5$  der Nietvorgang gestoppt, da der Druck  $p$  seinen Maximalwert  $p=p_5$  erreicht und der Döpper 5 wird in seine Ausgangsposition ( $s=0$ ) zurückgefahren. Durch die Vorgabe des Wertes  $p_5$  können der Durchmesser des Nietkopfes und die Endlänge eingestellt werden.

In der Fig. 2 sind lediglich aus Darstellungsgründen die Zeitbereiche I bis IV gleich lang dargestellt. Selbstverständlich ergeben sich in der Praxis auch unterschiedlich große

Zeitbereiche für die einzelnen Phasen des Verformvorgangs, je nach verwendeten Werkstoffen und Geometrien. Für einen Nietvorgang mit einem Stahlriet von 6,4 mm Durchmesser ergeben sich beispielsweise Nietdauern von insgesamt etwa 3 Sekunden, wobei bei etwa 60 bar der Punkt M4 erreicht wird, das heißt die Lochlaibung ausgefüllt ist. In diesem Beispiel beginnt der Nietvorgang am Punkt M3 etwa bei 25 bar und die maximale Vorschubgeschwindigkeit beträgt etwa 2,5 mm/Sekunde.

Ebenfalls aus Darstellungsgründen sind in der Fig. 2 die Kurvenverläufe schematisiert und insoweit auch idealisiert dargestellt. Dadurch sind die Verläufe bereits abschnittsweise geradlinig und der Zwischenschritt der Annäherung einer Geraden kann in diesem Beispiel entfallen. In der Realität sind den idealen Kurvenverläufen weitere Effekte überlagert, die sich insbesondere in Verrundungen an den Übergängen zwischen den Bereichen niederschlagen können. Durch die bereichsweise Annäherung von Geraden bzw. die Bildung und Mittelwertbildung der Ableitung der Kurvenverläufe können die charakteristischen Punkte jedoch stets zuverlässig ermittelt werden. Wesentlich an der Erfindung ist, daß die charakteristischen Punkte, die für eine Endpunktsteuerung der Vorrichtung eingesetzt werden, an den Stellen sich markant und im wesentlichen unstetig sich ändernder Vorschubgeschwindigkeiten und/oder Druckanstiegsraten ermittelt werden.

Die Fig. 3 zeigt einen Querschnitt durch eine Nietverbindung, bei der im Bereich 25 der Niet 19 gerade an der Lochlaibung 26 anliegt. Das Abstoppen des Nietvorgangs genau an diesem Punkt erlaubt eine vorteilhafte und zuverlässige spielfreie Nietverbindung, beispielsweise bei Drehgelenken für den Einsatz in Kraftfahrzeugsitzen. Der Punkt der Anlage des Niets 19 an die Lochlaibung ist im  $s(t)$ -Diagramm durch eine unstetige Reduktion der Vorschubgeschwindigkeit im Punkt M<sub>4</sub> ( $t=t_4$ ) und durch eine unstetige Änderung der Druckanstiegsrate im  $p(t)$ -Diagramm gekennzeichnet. Wie weit sich der Bereich 27 der Ausfüllung der Lochlaibung 26 in die Bohrung bis zum Ende des Nietvorgangs hinein erstreckt hängt neben den eingesetzten Nietwerkstoffen, beispielsweise Stahl, Aluminium oder Kupfer, insbesondere von der Vorschubgeschwindigkeit des Döppers 5 ab und kann entsprechend den Anforderungen an die herzustellende Nietverbindung eingestellt werden.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Steuern einer Vorrichtung zum Verformen eines Werkstücks (19) durch ein mit einem Druck  $p$  oder einer Kraft  $F$  beaufschlagbaren Werkzeug (5), aufweisend die Schritte:

- Aufnehmen des Verlaufs  $p(t)$  des Drucks  $p$  oder des Verlaufs  $F(t)$  der Kraft  $F$  und/oder des Verlaufs  $s(t)$  eines vom Werkzeug zurückgelegten Wegs  $s$  über der Zeit  $t$  während eines Verformprozesses,
- Auswerten des aufgenommenen Verlaufs  $p(t)$ ,  $F(t)$  und/oder  $s(t)$  und Ermitteln mindestens eines charakteristischen Zeit-, Weg- und/oder Druckpunktes ( $t_4$ ,  $s_4$ ,  $p_4$ ),
- Beenden des Verformprozesses bei Erreichen des charakteristischen Zeit-, Weg- und/oder Druckpunktes ( $t_4$ ,  $s_4$ ,  $p_4$ ).

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß beim Auswerten eine Ableitung des aufgenommenen Verlaufs des Drucks  $p$  und/oder des Wegs  $s$  nach der Zeit  $t$  gebildet wird und der charakteristische Zeit-, Weg- und/oder Druckpunkt ( $t_4$ ,  $s_4$ ,  $p_4$ ) an dem Punkt (M4) einer sich im wesentlichen unstetig ändern-

den Ableitung ermittelt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß während des Verformprozesses sowohl der Verlauf des Drucks  $p$  oder der Kraft  $F$  als auch des Wegs  $s$  aufgenommen wird, daß beim Auswerten die Ableitung des Drucks  $p$  oder der Kraft  $F$  nach dem Weg  $s$  gebildet wird, und daß der charakteristische Zeit-, Weg- und/oder Druckpunkt ( $t_4, s_4, p_4$ ) an dem Punkt (M4) einer sich im wesentlichen unstetig ändernden Ableitung ermittelt wird. 5

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Aufnehmen  $p(t), s(t)$  des zeitlichen Verlaufes graphisch erfolgt und das Auswerten die Annäherung jeweils einer Gerade an die einzelnen Bereiche (I, II, III, IV, V) des aufgenommenen Verlaufes umfaßt. 10

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Aufnehmen und das Auswerten des zeitlichen Verlaufes elektronisch erfolgt. 15

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß das Aufnehmen und Auswerten anhand mindestens eines Musters einer Charge von Werkstücken (19) erfolgt und daß der ermittelte charakteristische Punkt anschließend für die restlichen 25 Werkstücke (19) der Charge verwendet wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß es sich bei dem Verfahren um ein Nietverfahren zum Verformen eines Niets durch einen Döpper (5) handelt, und daß beim Auswerten ein 30 erster charakteristischer Punkt (M4) ermittelt wird, an dem der Niet (19) die Lochlaibung (26) ausfüllt.

8. Vorrichtung zum Verformen eines Werkstücks (19) durch ein mit einem Druck  $p$  oder einer Kraft  $F$  beaufschlagbaren Werkzeug (5), insbesondere eine Nietvorrichtung zum Verformen eines Niets (19) durch einen Döpper (5), aufweisend: 35

- Mittel (16, 23) zum Aufnehmen des Verlaufs des Drucks  $p$  oder der Kraft  $F$  und/oder eines vom Werkzeug (5) zurückgelegten Wegs  $s$  über der 40 Zeit  $t$  während eines Verformprozesses,
- Mittel (18) zum Auswerten des aufgenommenen Verlaufs und Ermitteln mindestens eines charakteristischen Zeit-, Weg- und/oder Druckpunktes ( $t_4, s_4, p_4$ ), 45
- Mittel (15) zum Beenden des Verformprozesses bei Erreichen des charakteristischen Zeit-, Weg- und/oder Druckpunktes ( $t_4, s_4, p_4$ ).

9. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Mittel zum Aufnehmen eine Weggeberanordnung (16, 22) und/oder eine Kraft- bzw. Druckaufnehmeranordnung (23) zum Aufnehmen eines Verlaufes  $s(t), p(t)$  bzw.  $F(t)$  des Weges  $s$ , des Druckes  $p$  bzw. der Kraft  $F$  über der Zeit  $t$  umfassen. 50

10. Vorrichtung nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Mittel zum Auswerten elektronische Rechenmittel (18) zum Auswerten des aufgenommenen Verlaufes  $s(t), p(t)$ , insbesondere zum Bilden der Ableitung des Drucks  $p$  oder der Kraft  $F$  nach der Zeit  $t$  und/oder nach dem Weg  $s$ , und zum Ermitteln eines charakteristischen Zeit-, Weg- und/oder Druckpunktes ( $t_4, s_4, p_4$ ) umfassen. 55

11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Mittel zum Auswerten einen Drucker zum Ausdrucken des aufgenommenen Verlaufes  $s(t), p(t)$  umfassen. 60

12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Mittel zum Auswer-

ten eine Speichereinheit und eine grafische Auswertseinheit umfassen.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

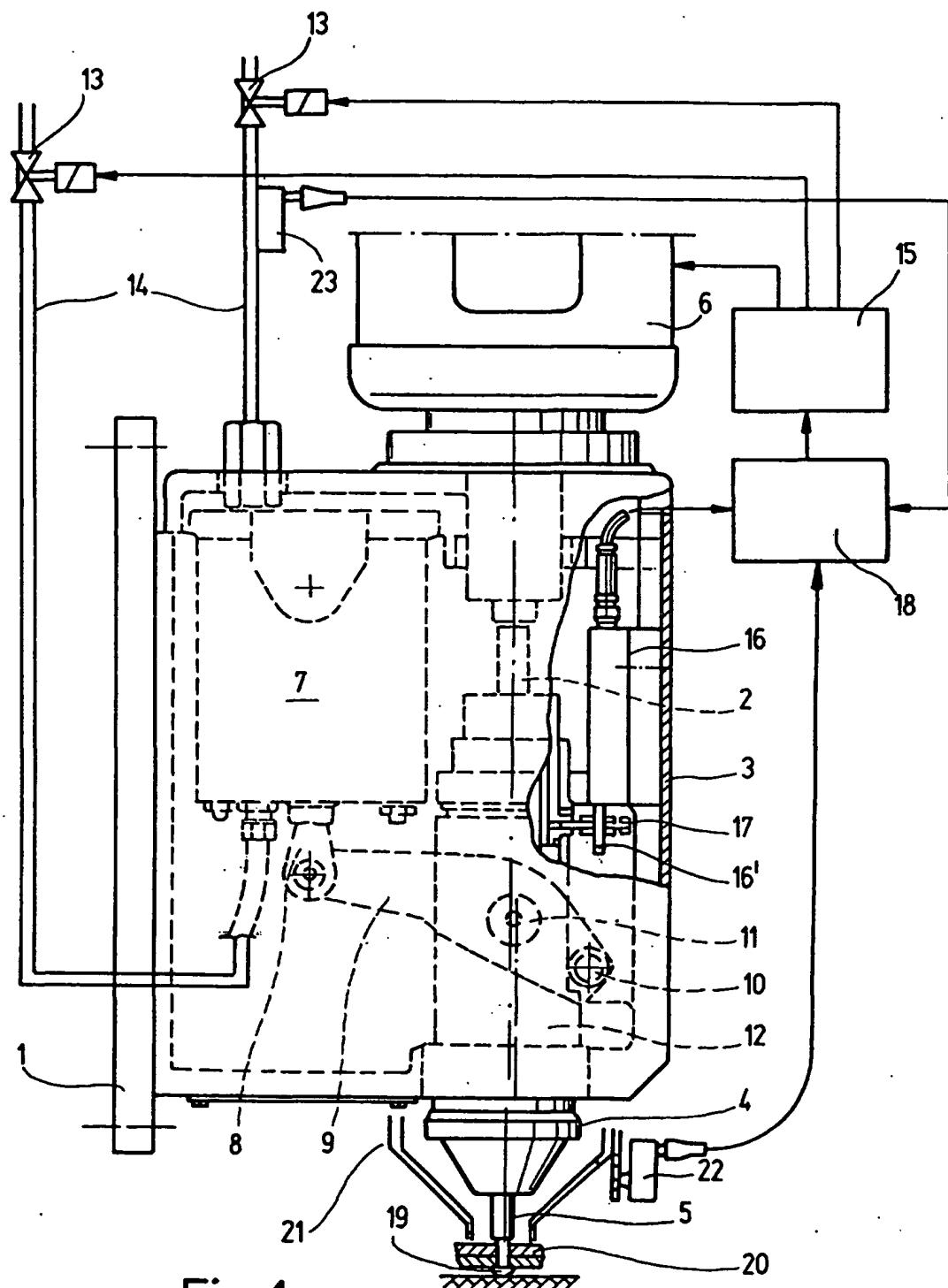
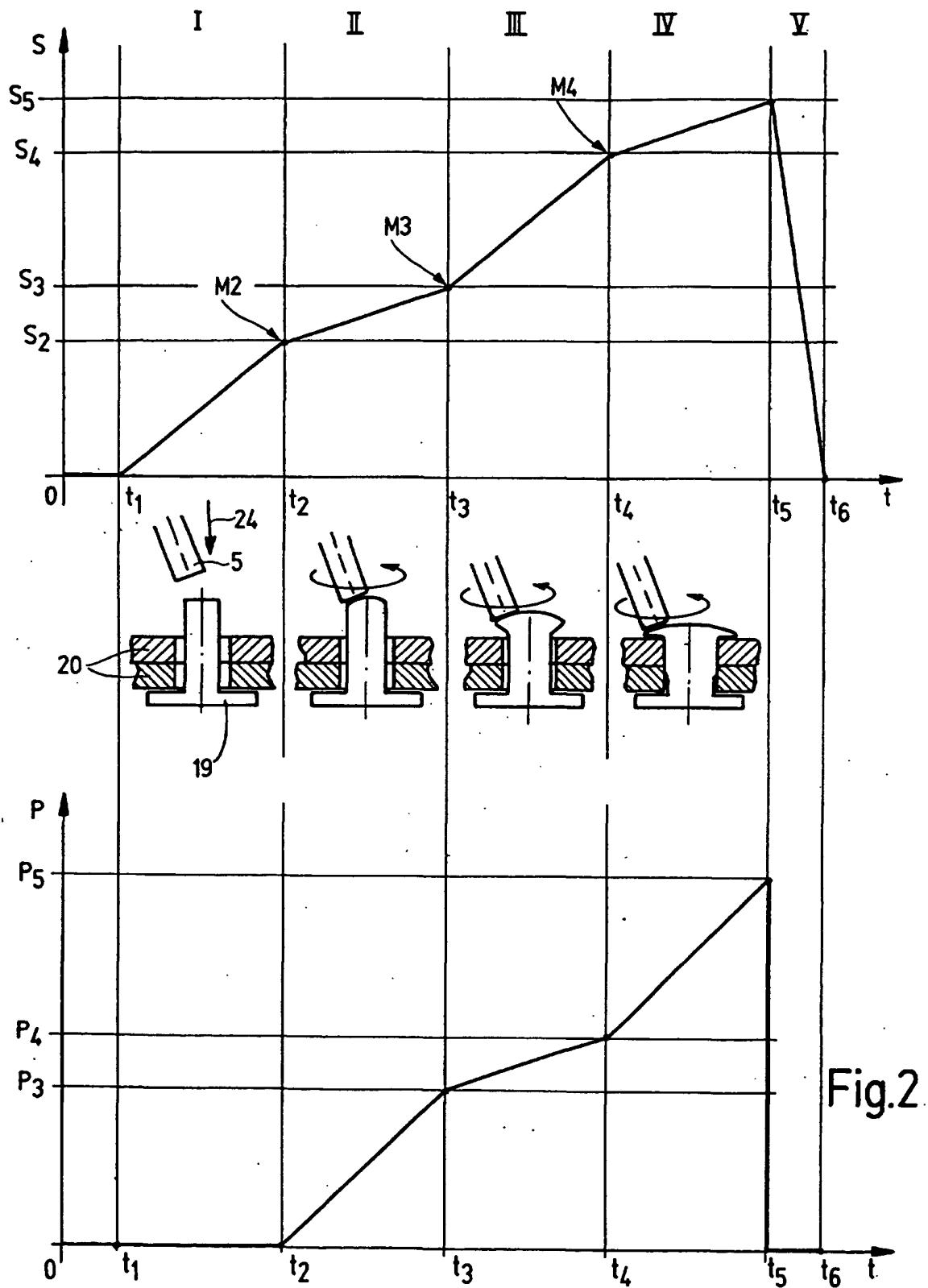


Fig. 1



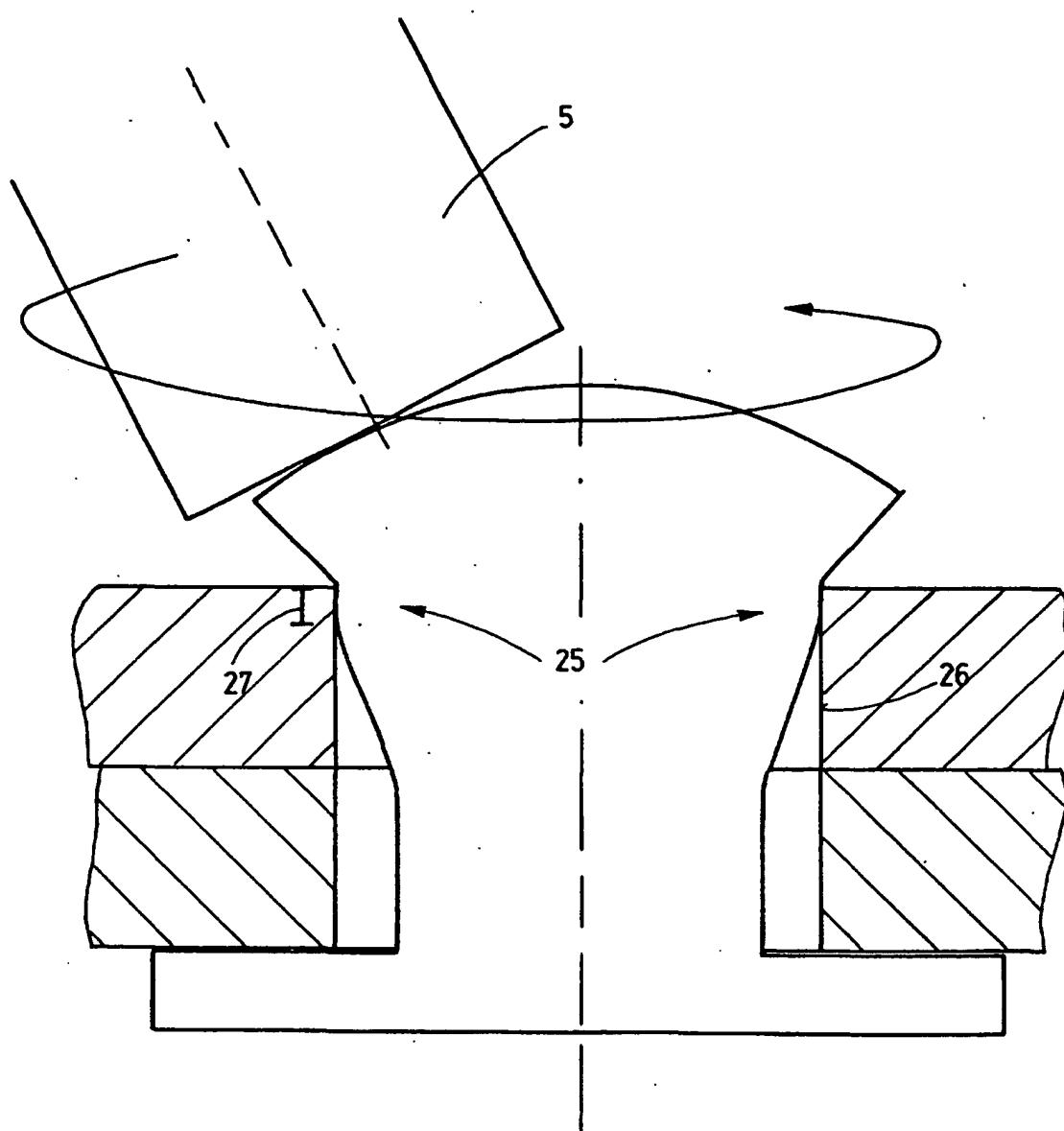


Fig. 3